

**Distortion characteristic and yield of semiconductor laser module**

Patent Number: ☐ US6068411  
Publication date: 2000-05-30  
Inventor(s): ANDO HARUYASU (JP)  
Applicant(s):: NIPPON ELECTRIC CO (JP)  
Requested Patent: ☐ JP11002745  
Application Number: US19980093340 19980609  
Priority Number(s): JP19970152445 19970610  
IPC Classification: G02B6/36  
EC Classification: G02B6/42C3B  
Equivalents: JP2943766B2

---

**Abstract**

---

A semiconductor laser module of the present invention comprises a semiconductor laser, a pig tail optical fiber, an optical part, and a transition metal doped optical fiber. The optical part optically couples the semiconductor laser and the pig tail optical fiber to each other. The transition metal doped optical fiber is formed in a length corresponding to an attenuation amount with which desired distortion characteristics and desired noise characteristics are realized, and is connected to the side of the pig tail optical fiber opposite to the side which faces the semiconductor laser. The distortion characteristics of the semiconductor laser is improved by the action of the transition metal doped optical fiber. Consequently, the yield of semiconductor laser modules is improved.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-2745

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42

G 0 2 B 6/42

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 有 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-152445

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月10日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 安藤 晴康

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

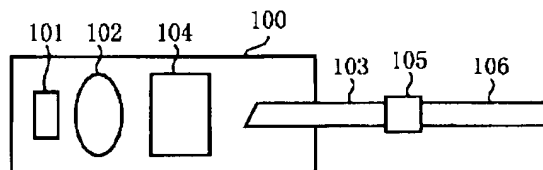
(74) 代理人 弁理士 山内 梅雄

(54) 【発明の名称】 半導体レーザモジュール

(57) 【要約】

【課題】 歪特性と良品の歩留りが向上するような半導体レーザモジュールを得ること。

【解決手段】 半導体レーザモジュール100は、半導体レーザ素子101と、その出射光を収束させるレンズ102と、光ファイバ103と、これらレンズ102と光ファイバ103の間に配置された反射戻り光の影響を無くすための光アイソレータ104と、光ファイバ103に接続部105を介して接続された遷移金属ドープファイバ106から構成されている。遷移金属ドープファイバ106は、この半導体レーザモジュールで、所定の光出力条件 $P f_1$ で歪・雑音特性が規格を満足せず、かつ規定の光出力以上でこれを満足する条件 $P f_2$ がある場合に、この差としての $P f_2 - P f_1$ に相当する損失が得られる長さとなっており、歪特性が改善されて所望の条件を満たすようになる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザと、

ビグテール用光ファイバと、

前記半導体レーザとビグテール用光ファイバを光学的に結合する光学部品と、

前記ビグテール用光ファイバの前記半導体レーザと面する側と反対に位置する側に接続され、所望の歪・雑音特性を実現する減衰量に相当する長さに設定された遷移金属ドーパ光ファイバとを具備することを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項2】 半導体レーザと、

ビグテール用光ファイバと、

前記半導体レーザとビグテール用光ファイバの間に配置され、半導体レーザから射出された光が反射によってこれに再入射することを防止するための光アイソレータと、

前記半導体レーザとビグテール用光ファイバを光学的に結合する光学部品と、

前記ビグテール用光ファイバの前記半導体レーザと面する側と反対に位置する側に接続され、所望の歪・雑音特性を実現する減衰量に相当する長さに設定された遷移金属ドーパ光ファイバとを具備することを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項3】 前記ビグテール用光ファイバと遷移金属ドーパ光ファイバを融着スプライスからなる接続部で接続したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の半導体レーザモジュール。

【請求項4】 前記ビグテール用光ファイバと遷移金属ドーパ光ファイバをメカニカルスプライスからなる接続部で接続したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の半導体レーザモジュール。

【請求項5】 前記ビグテール用光ファイバと遷移金属ドーパ光ファイバの接続に光コネクタが使用されていることを特徴とする請求項1または請求項2記載の半導体レーザモジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光源として使用される半導体レーザモジュールに係わり、特にサブキャリア多重光システムにおいて歪特性を適正な状態で動作させることのできる半導体レーザモジュールに関する。

## 【0002】

【従来の技術】有線テレビの多チャンネル化と共に、光CATV (Community Antena Television) やケーブルTVが注目されている。このような光CATV等の所定の通信では、サブキャリア多重 (SCM) 光伝送システムが採用されている。ここでサブキャリア多重光伝送システムとは、無線周波数帯で周波数多重された複数の変調信号をそのまま光強度変調して伝送する通信システムである。このサブキャリア多重光伝送システムは、例えばC

ATVにおける多チャンネル映像信号や、移動体通信の無線キャリアの伝送に使用されている。

【0003】このようなサブキャリア多重光伝送システムでは、低歪および低雑音という要求があり、通常のデジタル信号用の通信システムに使用される半導体レーザ (LD) モジュールとは異なった歪・雑音特性を備えた半導体レーザモジュールが所望されている。半導体レーザモジュールの歪・雑音特性は、一般に半導体レーザに流すバイアス電流によって変化する。

【0004】図4は、半導体レーザのバイアス電流と歪特性およびファイバ光出力との関係を表わしたものである。この図で曲線11は半導体レーザのバイアス電流と歪の関係を示し、他の曲線12は半導体レーザのバイアス電流とファイバ光出力の関係を示している。この図で示す歪特性としては、2トーン法による相互変調2次歪 (IMD2) を代表例としている。ここで2トーン法とは、非線型成分を測定するために、異なる2つの周波数 ( $f_1$ 、 $f_2$ ) を同時に半導体レーザに入力し、半導体レーザで発生する相互変調歪を測定する方法である。この方法では、2次、3次層変調歪として次の周波数に歪が発生する。

2次相互変調歪:  $f_1 \pm f_2$

3次相互変調歪:  $2 \times f_1 \pm f_2$ 、 $2 \times f_2 \pm f_1$

曲線11から判るように半導体レーザのバイアス電流を増加させていくと、ある電流値  $I_1$  までバイアス電流が増加するほど歪特性が改善される。そして、この電流値  $I_1$  を越えるとバイアス電流が増加するに従って歪が増加して特性が劣化する。一方、曲線12から分かるように、半導体レーザのバイアス電流を増加させて行くと、閾値電流値  $I_2$  以上ではほぼ直線的にファイバ光出力が増加する。このように半導体レーザモジュールの歪特性には、これが最良となる電流条件またはファイバ光出力条件が存在している。

【0005】図5は、半導体レーザのバイアス電流と雑音特性ならびにファイバ光出力との関係を表わしたものである。この図で曲線13は、半導体レーザのバイアス電流と雑音の関係を示し、曲線14は半導体レーザのバイアス電流とファイバ光出力の関係を示している。この図で示す雑音特性としては、相対強度雑音 (RIN) を代表例としている。曲線13から分かるように、半導体レーザのバイアス電流値を増加させて行くに従って、RIN特性が改善される。曲線14のファイバ光出力は図4の曲線12と同じものであるため、ファイバ光出力が増加するほど、RIN特性が改善されることになる。

【0006】一般に、半導体レーザモジュールをサブキャリア多重光伝送システムで使用する際には、主に、歪特性が所望の特性を満足するように最適なバイアス電流条件に設定することが望まれる。しかしながら、通常の伝送システムでは送受信間の伝送ロスが仕様上で決められており、この仕様を満足する形で半導体レーザモジュ

ールの光出力が規定されている。したがって、必ずしも歪特性に関して最適な電流条件で半導体レーザモジュールを動作させることができない。このため、半導体レーザモジュールを製品に使用する際には、要求される規格に満足するかどうかの検査と満足するものの選別が必要になる。

【0007】図6は、従来提案されたサブキャリア多重光伝送システム用の半導体レーザモジュールの構成を示したものである。この半導体レーザモジュール21は、半導体レーザ素子22と、その出射光を集光するレンズ23と、光ファイバ24ならびにこの光ファイバ24とレンズ23の間に配置された光アイソレータ25から構成されている。

【0008】半導体レーザ素子22から出射された光線は、レンズ23によって集光され、光ファイバ24に光学的に結合される。半導体レーザ素子22としては、高出力で低歪、低雑音の特性を有するもので、単一縦モード発振を行う分布帰還型のレーザダイオード(DFB-LD)が一般的に使用される。この分布帰還型のレーザダイオードを半導体レーザ素子22として使用すると、半導体レーザモジュール21の内部の、例えば光ファイバ24の端面や伝送路中の光コネクタ(図示せず)の接続点からの反射戻り光の影響を受けやすくなる。この結果として、光出力特性や歪・雑音特性が不安定になりやすい。このため、分布帰還型のレーザダイオードを使用する半導体レーザモジュールでは、図6に示したように光アイソレータ25を光学系内に配置して、反射戻り光による特性への影響を防止している。

【0009】図6に示したような構成の半導体レーザモジュール21に対して、従来ではシステムで要求される各特性を満足する特性検査を実施し、良品となる製品を選別するようにしていた。特性検査の主な項目としては、光出力、歪や雑音を挙げることができる。これらの特性の中で特に歪特性はそれぞれの半導体レーザ素子22によって大きく相違する可能性があり、また、モジュール内の光学系の状態によっても特性が大きく変化する。したがって、半導体レーザモジュール21の組み立てが完了した時点で、これらが最終的に所定の規格を満足しているかどうかの検査を実施する必要がある。

【0010】また、サブキャリア多重光伝送システムでの使用の仕方によっては、半導体レーザモジュール21に対して色々な光出力条件の下で所定の歪・雑音特性を満足させることが要求される場合もある。これは、送受信間の伝送距離に基づいて、すなわち伝送損失によって半導体レーザモジュール21の光出力が規定されるためである。

【0011】このような問題を解決する第1の手法として、半導体レーザモジュール21内の半導体レーザ素子22と光ファイバ24の間の光学的な結合を最適化してモジュール化を行う方法が存在する。例えば、予め半導

体レーザ素子22の製造ロットの分布としての歪最適値のバイアス電流を把握し、このバイアス電流条件での半導体レーザ素子22自体の光出力と光ファイバ24の間の光学的な結合を最適化してモジュール化を行う手法である。光学的な結合を最適化するためには、各部品的位置関係を最適位置からずらして過剰損失を付加するのが一般的である。

【0012】図7は、問題解決のための第2の手法としての半導体レーザモジュールを示したものである。この図7に示した半導体レーザモジュール30は、図6に示したものと同一構造の半導体レーザモジュールの光ファイバ24に、接続部31を介して光固定減衰器32を接続している。このような構成の半導体レーザモジュール30では、光固定減衰器32により過剰損失が付加されている。すなわち、各半導体レーザモジュール30ごとに、必要となる減衰量の光固定減衰器32を選択して固定を行うことになる。また、接続部31で光の反射が生じるので、この反射光によって半導体レーザモジュール30の特性が劣化しないように、十分低反射となる接続方法を選択する必要がある。

【0013】図8は、最適な歪特性で動作させるための他の従来例(特開平4-350981号公報)を表わしたものである。この図に示すCATV光伝送システムにおける光受信器41内の、フォトダイオード42の出力をコンデンサ43を介して入力する信号増幅器44の出力端は、バンドパスフィルタ46に接続され、信号増幅器44の出力信号からバンドパスフィルタ46で任意の周波数を選択するようになっている。バンドパスフィルタ46に接続されるレベル検出回路47は、判定回路48に接続され、バンドパスフィルタ46で選択した周波数の歪レベルを検出し、その検出結果を判定回路48に出力するようになっている。判定回路48に接続される制御信号発生回路49は、伝送装置51に接続され、光受信器41側から光送信器52側に信号線53を介して制御信号を送る。信号線53が接続される光送信器52内の伝送装置54は、レーザダイオード駆動回路55に接続され、光送信器52内に任意の伝送手段により接続されている制御信号発生回路49からの制御信号により、光受信器41側の歪レベルが最小となるようにレーザダイオード駆動回路55を制御するようになっている。

【0014】この図8に示すCATV光伝送システムでは、光受信器41内の信号増幅器44の出力信号を分岐し、バンドパスフィルタ46にて任意の周波数を選択する。この周波数の歪のレベルをレベル検出回路47で検出し、その検出結果に基づいて判定回路48で判定を行い、判定回路48からの判定出力により制御信号発生回路49を制御する。制御信号発生回路49の制御信号は伝送装置51により光受信器41側から光送信器52側に信号線53を介して伝送される。更に、信号線53を

金属ドープファイバ106が接続されている。

【0028】このような構造の本実施例の半導体レーザモジュールで、半導体レーザ素子101から出射される出射光は、レンズ102によって集光され、光ファイバ103に光学的に結合される。本実施例の半導体レーザ素子101としては分布帰還型レーザダイオード(DFB-LD)が使用されている。分布帰還型レーザダイオードは、高出力で低歪かつ低雑音の特性を有している。光アイソレータ104は、反射戻り光による特性の劣化を防止するために半導体レーザモジュール100に内蔵されている。本実施例の半導体レーザモジュール100は、遷移金属ドープファイバ106の長さを調整することでシステムで要求される各特性を満足させるようにしている。

【0029】図2は、システムで要求される各特性を満足するための特性検査の実施の様子を説明するためのものである。この図2には、半導体レーザのバイアス電流に対するファイバ光出力を示した第1の出力特性111と第2の出力特性112の2つの特性と、半導体レーザのバイアス電流に対する歪の関係を示した歪特性(歪・雑音特性)113とが示されている。

【0030】この図で所定の光出力条件 $P_{f1}$ での半導体レーザバイアス電流 $I_1$ に相当する歪特性113の値 $D_1$ は、所定の規格としての $IMD_2$ 規格の上限値114を越えており、この規格を満足しているものではない。しかしながら、この例の場合には、規定の光出力以上で歪特性113が $IMD_2$ 規格の上限値114を下回ってこの規格を満足するような光出力条件 $P_{f2}$ が存在している。このように $IMD_2$ 規格を満足するような条件が存在する場合には、2つの光出力条件 $P_{f1}$ 、 $P_{f2}$ の差としての値( $P_{f2}-P_{f1}$ )に相当する損失が得られる長さの遷移金属ドープファイバ106を接続部105を介して接続する。接続部105の接続方法としては融着スプライス接続が一般的である。この他にも、低反射となるタイプの光コネクタやメカニカルスプライスをを用いた接続が行われても構わない。

#### 【0031】変形例

【0032】図3は本発明の変形例における半導体レーザモジュールの構造を表わしたものである。この変形例の半導体レーザモジュール200では、光ファイバ103に第1の接続部201<sub>1</sub>を介して第1の遷移金属ドープファイバ202<sub>1</sub>の一端を接続し、この第1の遷移金属ドープファイバ202<sub>1</sub>の他端には第2の接続部201<sub>2</sub>を介して第2の遷移金属ドープファイバ202<sub>2</sub>を接続した構成となっている。その他の部分は図1に示した半導体レーザモジュール100と同一なので、これらの部分の説明は適宜省略する。

【0033】この変形例の半導体レーザモジュール200では、2つの遷移金属ドープファイバ、202<sub>1</sub>、202<sub>2</sub>の合計の長さによって減衰量の調整を行う。第1

および第2の接続部201<sub>1</sub>、201<sub>2</sub>は、低反射となるものであれば、例えば融着スプライス、光コネクタ、メカニカルスプライスのいずれであっても構わない。また、これらの接続部201<sub>1</sub>、201<sub>2</sub>の使い分けも有効である。例えば、半導体レーザモジュール200が使用される用途に応じて損失量を容易に変えるようにしたい場合には、取り替えが容易にできるように第1の接続部201<sub>1</sub>を光コネクタで構成することが適当である。この接続のためには、第1の遷移金属ドープファイバ202<sub>1</sub>の片方の端部が光コネクタ付きとなっている必要がある。この場合には、第2の接続部201<sub>2</sub>には融着スプライスによる接続が適当である。これは、遷移金属ドープファイバの長さ調整を第2の接続部201<sub>2</sub>で行うことになるため、安定した反射量を確保する必要があるからである。

【0034】以上のような工夫を行うことで、所定の光出力条件で、歪および雑音特性が規格を満足した半導体レーザモジュールを製造することができる。もちろん、本発明の半導体レーザモジュールは、所定の光出力条件で歪および雑音特性が規格を満足しないもののすべてを有効に活用できるようにするものではない。このように所定の光出力条件で歪および雑音特性が規格を満足しないものであって、かつ規定の光出力以上で歪・雑音特性が規格を満足する条件が無いような場合には、本発明による対応が不可能となることは特に言うまでもない。

#### 【0035】

【発明の効果】以上説明したように請求項1および請求項2記載の発明では、ビグテル用光ファイバの半導体レーザと面する側と反対に位置する側に、遷移金属をドープした遷移金属ドープ光ファイバを接続するようにしたので、所定の光出力で歪特性が規格を満足しないような場合であっても、個々の半導体レーザモジュールの特性に合わせて光学的損失を付加することができ、バイアス電流を歪最適条件に合わせることによって歪特性を向上させ、良品としての歩留りを向上させることができる。また、光出力条件の異なる半導体レーザモジュールを要求される場合でも、すべて同一の条件でこれらの半導体レーザモジュールを製造することができる。同一の条件で一括して半導体レーザモジュールを製造して特性の検査を行い、個々の半導体レーザモジュールの歪特性と要求される光出力規格に合わせて光学的損失を付加することにより、各光出力で歪特性を最適条件に設定することができることによるものである。更に請求項1および請求項2記載の発明では、遷移金属ドープ光ファイバを接続する構成としているので、光減衰量を任意の値で選択することができる。すなわち、遷移金属ドープ光ファイバの長さによって光減衰量を調整することができるので、必要とする減衰量に合わせて適当な長さのものを選択し接続すればよいからである。

【0036】このように請求項1および請求項2記載の

発明によれば、個々の半導体レーザモジュールで光結合方法を変化させたり、予め多くの半導体レーザモジュールを製造しておいてその特性分布の中から所望のものを選別する必要がなく、製造の効率化を図ることができる。また、予め光固定減衰器を準備して、できあがった半導体レーザモジュールと組み合わせて使用する構成ではないため、製造管理の効率化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例におけるサブキャリア多重光伝送システムで使用する半導体レーザモジュールの構造を示した概略構成図である。

【図2】システムで要求される各特性を満足するための特性検査の実施の原理を説明するための特性図である。

【図3】本発明の変形例における半導体レーザモジュールの構造を表わした概略構成図である。

【図4】半導体レーザのバイアス電流と歪特性およびファイバ光出力との関係を表わした特性図である。

【図5】半導体レーザのバイアス電流と雑音特性ならびにファイバ光出力との関係を表わした特性図である。

【図6】従来提案されたサブキャリア多重光伝送システム用の半導体レーザモジュールの構成を示した概略構成図である。

【図7】過剰損失が付加する半導体レーザモジュールの概略構成図である。

【図8】従来提案されたCATV光伝送システムのブロック図である。

【符号の説明】

100、200 半導体レーザモジュール

101 半導体レーザ素子

102 レンズ

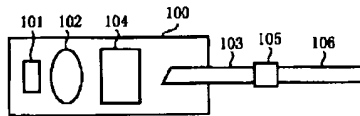
103 光ファイバ

104 光アイソレータ

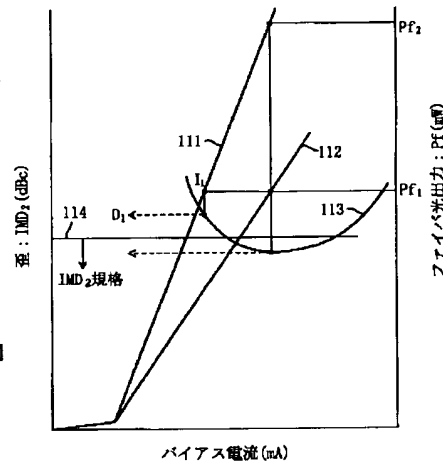
105、201 接続部

106、202 遷移金属ドーパファイバ

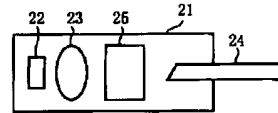
【図1】



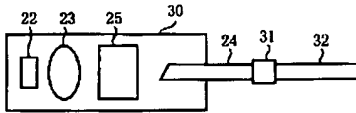
【図2】



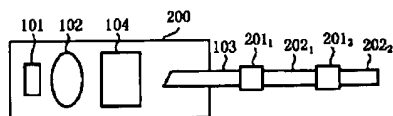
【図6】



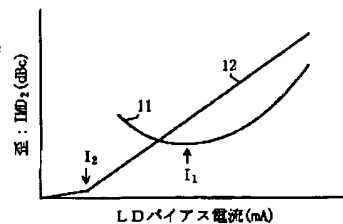
【図7】



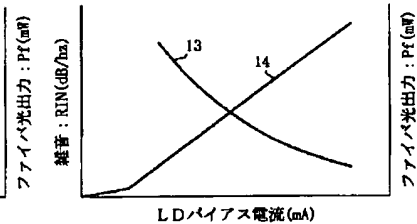
【図3】



【図4】



【図5】



【図8】

